

COAL ASH WASTE UTILIZATION FOR MAKING PAVING BLOCK OF ECO-FRIENDLY

Sumiati¹⁾, Revias²⁾, Ahmad Syapawi³⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, sumiati@polsri.ac.id

²⁾ Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, reviasnoerdin@yahoo.co.id

³⁾ Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, asyapawi69@gmail.com

ABSTRACT

Paving blocks are made of mortar, consisting of: fine aggregate(sand/stone ash), cement and water. Paving blocks (precast concrete) can be classified based on their compressive strength, absorption and function, including: class A, B, C and D. Coal ash waste is a mineral additive that can be added, reduce production costs, increase resistance to sulfate attack, durability, compressive strength and reduce porosity. This study aims to obtain the composition of the mixture that will be used to make paving blocks by making a mix design of a cylindrical paving block mixture and printing a hexagon-shaped paving block. The composition of the mixture using fly ash as a cement additive and bottom ash as additional material for stone ash, varying: 5%; 10%, 15% and 20%. Paving block specimens will be tested for compressive strength and absorption capacity after being cured for 28 days. The results showed that if 20% of the base ash was used, a class C paving block would be obtained which had the same compressive strength as the paving block without the use of coal ash waste. if the fly ash used is <20%, then class B paving blocks will be obtained.

Keywords: Paving blocks, fly-ash, bottom-ash, compressive strength, porosity.

ABSTRAK

Paving block terbuat dari mortar, terdiri dari: agregat halus, semen dan air. Paving block (beton pracetak) dapat diklasifikasikan berdasarkan kuat tekan, penyerapan dan fungsinya, antara lain: kelas A, B, C dan D. Limbah abu batubara merupakan mineral additive yang dapat ditambahkan, bertujuan untuk meningkatkan workability, mengurangi biaya produksi, meningkatkan ketahanan terhadap serangan sulfat, durabilitas, kuat tekan dan mengurangi porositas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi campuran yang akan digunakan untuk membuat paving block dengan cara membuat mix design campuran paving block berbentuk silinder dan mencetak paving block berbentuk segi enam. Komposisi campuran menggunakan fly ash sebagai bahan tambahan semen dan bottom ash sebagai bahan tambahan abu batu, bervariasi: 5%; 10%; 15% dan 20%. Benda uji paving block akan dilakukan pengujian kuat tekan dan daya serap setelah dicuring selama 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jika abu dasar yang digunakan sebesar 20% maka akan diperoleh paving block kelas C yang memiliki kuat tekan yang sama dengan paving block tanpa menggunakan limbah abu batubara, jika fly ash yang digunakan < 20% maka akan diperoleh paving block kelas B.

Kata kunci: Paving blocks, fly-ash, bottom-ash, kuat tekan, penyerapan

1. PENDAHULUAN

Paving block merupakan salah satu jenis produk beton pracetak yang memiliki bentuk blok-blok beton kecil dengan berbagai bentuk yang telah banyak diproduksi dipasaran (Gambar 1).



Gambar 1. Bentuk-bentuk paving block

Paving block terbuat dari mortar, terdiri dari campuran agregat halus, air dan semen *Portland* sebagai perekat atau perekat hidrolis lainnya dengan atau tanpa bahan *additive*. Bahan tambah mineral (*additive*) yang ditambahkan bertujuan untuk meningkatkan kinerja dari campuran, mengurangi biaya pekerjaan, mempertinggi daya tahan terhadap serangan *sulfat*, menambah keawetan, meningkatkan kuat tekan dan mengurangi porositas paving block sehingga mempunyai penyerapan yang rendah. Mineral *additive* yang dapat digunakan sebagai bahan tambah paving block biasanya mengandung unsur: CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MgO dan MnO , seperti: *pozzolan*, *fly ash*, *steel slag*, *cooper slag* dan *silica fume*.

Agregat halus yang digunakan untuk campuran paving block dapat berupa abu batu atau pasir, namun abu batu mempunyai keunggulan dibandingkan pasir, diantaranya: butiran partikel lebih mengikat dan harganya lebih murah, namun tekstur permukaan paving block akan lebih kasar dibandingkan menggunakan pasir.

Badan standardisasi Indonesia, 1996, mengklasifikasikan paving block berdasarkan kuat tekan, daya serap dan fungsinya, terdiri dari: kelas A, B, C dan D, di mana dapat digunakan sebagai material penutup perkerasan tanah atau pengganti perkerasan aspal/cor beton.

Perusahaan-perusahaan besar yang memproduksi paving block saat ini telah banyak memanfaatkan limbah pembakaran batu bara sebagai bahan tambah dan menghasilkan paving block yang telah berstandar, namun tidak demikian dengan industri usaha kecil yang hanya sebagian kecil menggunakannya, selain itu produk yang dihasilkan juga sebagian besar belum berstandar.

Batu bara sisa pembakaran dapat berupa material yang terbang dan material terendapkan, di mana material yang terbang disebut dengan *fly ash* sedangkan yang material yang terendapkan disebut dengan *bottom ash*. *Bottom ash* mempunyai kandungan mineral silikat dan aluminat, bersifat non plastis, mempunyai ukuran butiran $100\text{ }\mu\text{m}$ - $4,75\text{ mm}$.

Kapur (CaO) yang disebut juga sebagai pengikat hidrolis mempunyai sifat plastis yang baik, dapat mengeras dengan cepat sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengikat seperti semen, namun kekuatan rekatnya lebih lemah dari semen.

2. LANDASAN TEORI

Penelitian ini terinspirasi oleh melihat kondisi usaha kecil yang mencetak paving block dan penelitian-penelitian terdahulu, diantaranya: Gupta Arora et al. (2017), menyatakan bahwa *bottom ash* mengandung mineral: SiO₂ (44,82 %), Fe₂O₃ (10,50%), Al₂O₃ (26,27%), CaO (5,83 %), MgO (1,15 %), Na₂O (0,40 %), K₂O (0,28 %), SO₃ (0,39%) dan *Loss of ignition* (9,44%). Penelitian Mirka Pataras et al. (2020), komposisi kimia *fly ash* limbah pembakaran batubara PT. Pusri terdiri dari: H₂O (6,69%), *loss on Ignition* (11,26%), SiO₂ (47,18%), Al₂O₃(23,01%), Fe₂O₃(8,93%), Cu(37,64 ppm), Zn(53,11 ppm), Hg(0,111 ppm). *Bottom ash* dan *fly ash* pada dasarnya mempunyai komposisi kimia yang sama, karena *fly ash* merupakan material yang keluar dari cerobong asap tungku pembakaran batu bara maka *fly ash* mempunyai ukuran butiran yang lebih halus jika dibandingkan dengan *bottom ash* yaitu berkisar 100 µm- 0,01mm. *Fly ash*, *bottom ash* dan semen mempunyai komposisi kimia yang sama namun *fly ash* dan *bottom ash* hanya sedikit mengandung kapur(CaO), sedangkan semen mempunyai kapur bebas yang dapat dilepaskan saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. Penelitian Sari et al (2022), pada pabrik pembuatan *Portland Composite Cement* menggunakan *fly ash* didapatkan bahwa kuat tekan mortar semen dengan komposisi klinker (83,54 %), *gypsum* (1,13 %) dan *fly ash* (15,33 %) akan lebih besar ± 50% jika menggunakan komposisi klinker (77,36 %), *gypsum* (1,78 %) dan batu kapur(20,86 %).

Penelitian Qomaruddin et al. (2017), menggunakan komposisi campuran 1 semen : 6 pasir : 2 *bottom ash* : 1 kapur didapatkan campuran paving block kelas B.

Penelitian Klarens et al. (2017), menggunakan *bottom ash* sebagai pengganti pasir dengan kombinasi 50% lolos ayakan 5 mm dan 50% lolos ayakan 10 mm sedangkan *fly ash* digunakan sebesar 50% sebagai pengganti semen dalam pembuatan *paving block* dengan komposisi campuran 0,5 semen: 0,5 *fly ash*, didapatkan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 40 MPa.

Penelitian Aldwin et al. (2018), menggunakan abu batu dan *bottom ash* sebagai agregat halus, semen dan *fly ash* sebagai bahan pengikat dalam pembuatan paving block, didapatkan bahwa pada komposisi campuran 1 semen: 1,5 *bottom ash*: 1,5 Abu batu menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 41,60 MPa. *Fly ash* sebagai pengganti semen pada komposisi campuran 0,5 semen: 0,5 *fly ash*: 1,5 *bottom ash* 1,5 Abu batu menghasilkan kuat tekan sebesar 26,88 MPa.

Penelitian Pratiwi et al. (2022), menggunakan limbah terak dan abu batu sebagai bahan baku pembuatan paving block dengan perbandingan campuran 1 semen: 1 batu pecah: 1 limbah terak: 1 Abubatu didapatkan kuat tekan nilai 385 Kg/cm² dan daya serap sebesar 4,58% dapat digunakan untuk jalan kota, sedangkan sampel dengan komposisi 1 semen: 1 batu pecah: 2 pasir didapatkan kuat tekan sebesar 201.66 Kg/cm² hanya diperuntukan bagi pejalan kaki.

Berdasarkan permasalahan, studi literatur dan penelitian terdahulu maka penelitian ini akan memanfaatkan limbah pembakaran batubara berupa fly ash sebagai bahan tambah semen. Abubatu digunakan sebagai pengganti pasir dan menambahkan bottom ash untuk mengurangi penyerapan paving block. Kapur yang ditambahkan diharapkan

akan bereaksi dengan *fly ash* pada campuran paving block, sehingga akan didapatkan suatu komposisi campuran paving block yang bermutu tinggi dan ekonomis.

Tujuan utama penelitian ini untuk mendapatkan komposisi campuran paving block yang mempunyai nilai kuat tekan dan daya serap memenuhi persyaratan (Badan Standardisasi Nasional, 1996) sehingga limbah pembakaran batu bara dan abubatu dapat dimanfaatkan secara maksimal menjadi bahan bangunan baru yang ramah lingkungan, dengan harapan dapat dimanfaatkan oleh industri kecil dalam pembuatan paving block.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Sriwijaya, menggunakan bahan aditif *fly ash* dan *bottom ash* berasal dari pembakaran batu bara PT Pusri, semen dengan merk Baturaja, abubatu berasal dari Bojonegoro dan kapur dari toko bahan bangunan.

Pengujian sifat fisik bahan yang akan digunakan dalam pembuatan paving block dilakukan berpedoman pada Standar Nasional Indonesia, diantaranya: pengujian analisa saringan (Badan Standardisasi Nasional, 1996) dan hidrometer (Badan Standardisasi Nasional, 2008), berat jenis dan penyerapan agregat halus (Balitbang, 1990), material lolos ayakan No.200 (Badan Standardisasi Nasional 1996), kadar air (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Mix design campuran *paving block* dilakukan setelah didapatkan data hasil pengujian sifat fisik, berpedoman pada (Badan Standardisasi Nasional, 2000) dengan benda uji berbentuk silinder. Komposisi campuran hasil *mix design* dibuat benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm masing-masing 3 sampel serta dilakukan pencetakan paving block berbentuk segi enam berukuran 20x20x5cm masing-masing 2 buah. Komposisi campuran paving block menggunakan bahan pengikat: agregat halus adalah 1:2, secara rinci penambahan *fly ash* dan *bottom ash* dapat dilihat pada Tabel 1, di mana penambahan *fly ash* bervariasi: 5%; 10%; 15% dan 20% terhadap berat semen dan kapur sebesar 2% terhadap berat semen, sedangkan penambahan *bottom ash* bervariasi: 5%; 10%; 15% dan 20% terhadap berat abubatu.

Pengujian kuat tekan dan penyerapan paving block dilakukan pada benda uji silinder dan sampel paving block yang dibentuk menjadi kubus ukuran 5x5x5 cm. Metode pengujian kuat tekan dan daya serap *mix design* paving block berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2011) serta sampel paving block (Badan Standardisasi Nasional, 2002), akan dilakukan setelah benda uji dilakukan *curing* selama 28 hari. Data hasil pengujian kuat tekan dan daya serap akan dihitung menggunakan rumus (1) dan (2).

Kuat Tekan beton:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

σ = kuat tekan beton (N/mm²)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Penyerapan Air

$$\text{Penyerapan air} = \frac{(A - B)}{B} * 100\% \dots \dots \dots (2)$$

A = berat paving block basah (setelah direndam 24 jam)

B = berat paving block kering (setelah dikering pada suhu oven $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam).

Kesimpulan hasil pengujian akan dianalisa dengan metode regresi dan diklasifikasikan berdasarkan Standar Nasional Indonesia.

Tabel 1. Komposisi Campuran benda uji paving block

No. benda uji	Bahan Pengikat			Agregat halus	
	semen (%)	Fly ash (%)	Kapur (%)	Abu batu (%)	Bottom ash (%)
FA0-BA0-S	100	0	0	100	0
FA5-BA5-S	100	5	2	100	5
FA5-BA10-S	100	5	2	100	10
FA5-BA15-S	100	5	2	100	15
FA5-BA20-S	100	5	2	100	20
FA10-BA5-S	100	10	2	100	5
FA10-BA10-S	100	10	2	100	10
FA10-BA15-S	100	10	2	100	15
FA10-BA20-S	100	10	2	100	20
FA15-BA5-S	100	15	2	100	5
FA15-BA10-S	100	15	2	100	10
FA15-BA15-S	100	15	2	100	15
FA15-BA20-S	100	15	2	100	20
FA20-BA5-S	100	20	2	100	5
FA20-BA10-S	100	20	2	100	10
FA20-BA15-S	100	20	2	100	15
FA20-BA20-S	100	20	2	100	20

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

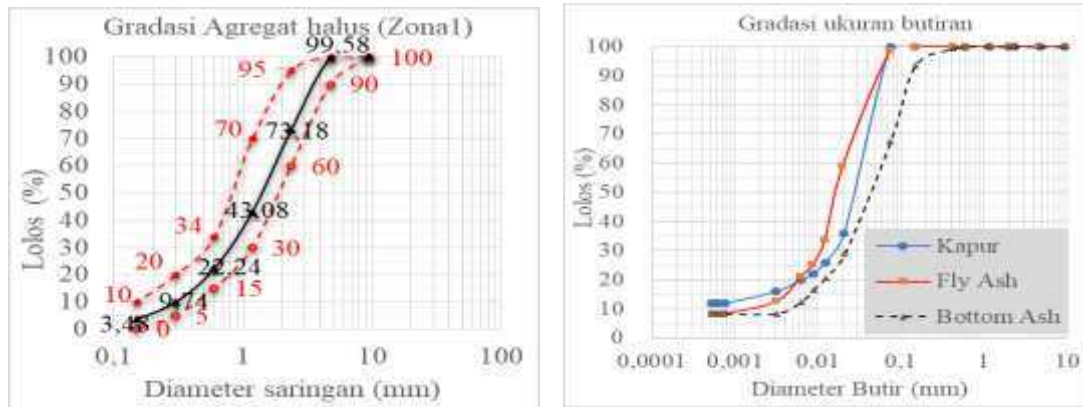
Hasil pengujian sifat fisik material yang digunakan dalam pembuatan paving block (Tabel 2). Hasil pengujian Analisa saringan abu batu dapat diklasifikasikan dalam zona 1 (Gambar 2.a) sedangkan hasil pengujian analisa saringan dan hidrometer *fly ash*, *bottom ash* dan kapur (Gambar 2.b), di mana *fly ash* dan kapur mempunyai ukuran butiran berkisar 100 μ m - 0,01mm, sedangkan *bottom ash* mempunyai ukuran butiran 100 μ m - 0,1mm.

Tabel 2. Hasil Pengujian sifat fisik material

Jenis Pengujian	Abubatu	<i>Fly Ash</i>	<i>Bottom Ash</i>	Kapur
Berat Jenis	2,62	2,41	2,48	2,68
Kadar air(%)	3,71	0,05	0,05	0,01
Kadar Lumpur(%)	2,74	-	-	-

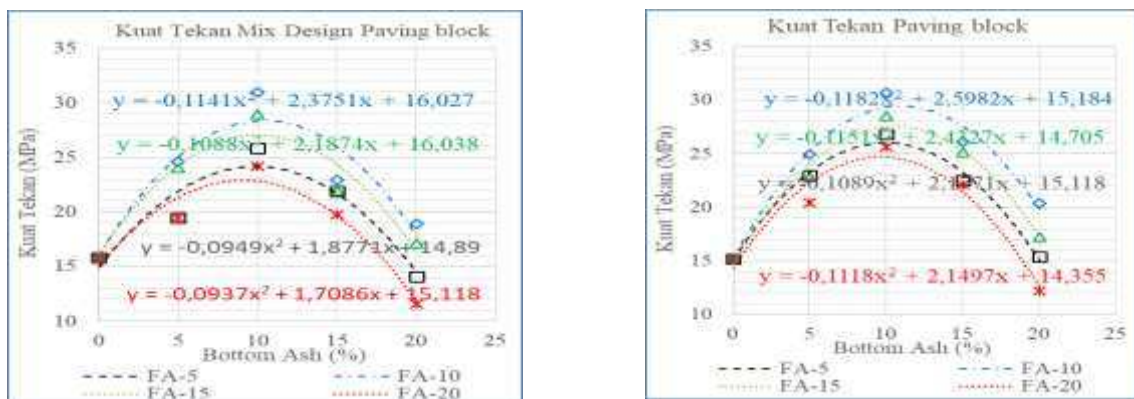
Hasil pengujian kuat tekan *mix design* paving block Gambar 3.a dan paving block Gambar 3.b, didapatkan bahwa penambahan *bottom ash* dan *fly ash* akan meningkatkan kuat tekan, namun setelah tercapai kuat tekan optimum, penambahan *bottom ash* akan menurunkan kuat tekan. Persamaan-persamaan regresi yang didapatkan dari hasil pengujian, jika disubsitusikan persentase *bottom ash* terhadap persentase *fly ash* maka akan didapatkan nilai kuat tekannya sehingga jika diklasifikasikan berdasarkan Standar akan didapatkan mutu Paving block.

Hasil pengujian penyerapan *mix design* paving block (Gambar 4.a) dan penyerapan paving block (Gambar 4.b), didapatkan penyerapan akan turun seiring dengan penambahan *fly ash* dan *bottom ash*, namun akan bertambah setelah tercapai batas optimum.



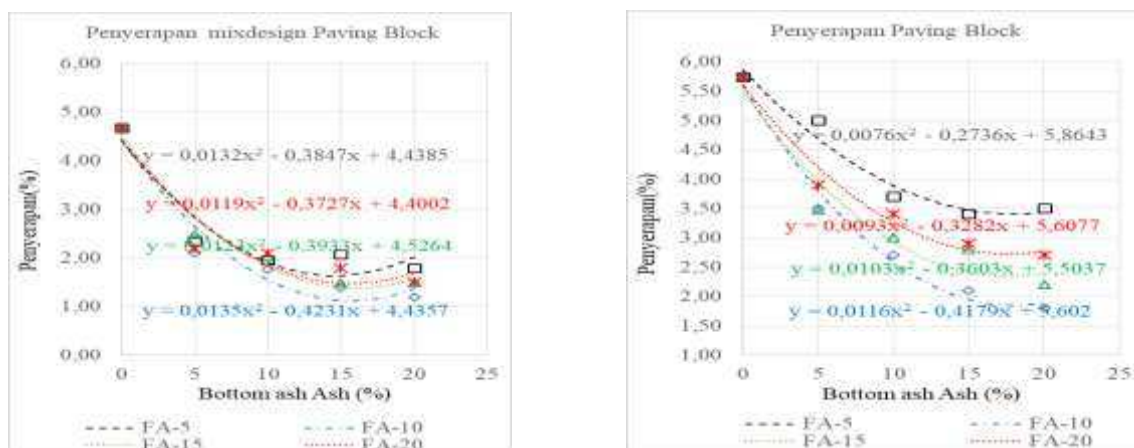
a. Gradasi ukuran butiran abu batu b. Gradasi ukuran butiran kapur, fly ash dan bottom ash

Gambar 2. Gradasi ukuran butiran material paving block



a. Kuat tekan mix design paving block b. kuat tekan paving block

Gambar 3. Hasil pengujian kuat tekan



a. Penyerapan mix design paving block b. Penyerapan paving block

Gambar 4. Kurva hasil pengujian penyerapan

Berdasarkan spesifikasi (SNI 03-0691-1996) penyerapan paving block mutu B dan C adalah sebesar maksimum 6% dan 8%, di mana hasil pengujian semua komposisi

campuran paving blok memenuhi standar yang ditetapkan. Penyerapan paving block yang menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* didapatkan lebih kecil jika dibandingkan dengan paving block tanpa limbah abubatu bara. Nilai kuat tekan dan penyerapan berbanding terbalik dengan penyerapan, di mana semakin tinggi kuat tekan maka penyerapan akan semakin kecil, hal ini mengidentifikasi bahwa semakin kecil rongga pori pada paving block kuat tekan akan semakin besar.

Tabel 2 merupakan hasil pengujian kuat tekan serta penyerapan *mix design* paving block dan paving block, di mana setelah diklasifikasikan didapatkan paving block kelas B dan C.

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan

No. benda uji	Mix design		No. benda uji	Paving block		Klasifikasi		
	Kuat Tekan (MPa)	Penyerapan (%)		Kuat Tekan (MPa)	Penyerapan (%)	Kuat tekan (MPa)		Mutu
						Rata-rata	min	
FA0-BA0-S	15,83	4,68	FA0-BA0-P	15,13	5,73	15	12,5	C
FA5-BA5-S	21,90	2,85	FA5-BA5-P	23,28	4,69	20	17	B
FA5-BA10-S	24,17	1,91	FA5-BA10-P	26,00	3,89	20	17	B
FA5-BA15-S	21,69	1,64	FA5-BA15-P	23,27	3,47	20	17	B
FA5-BA20-S	14,47	2,02	FA5-BA20-P	15,10	3,43	15	12,5	C
FA10-BA5-S	25,05	2,87	FA10-BA5-P	25,22	3,80	20	17	B
FA10-BA10-S	28,37	1,82	FA10-BA10-P	29,35	2,58	20	17	B
FA10-BA15-S	25,98	1,39	FA10-BA15-P	27,56	1,94	20	17	B
FA10-BA20-S	17,89	1,58	FA10-BA20-P	19,87	1,88	15	12,5	C
FA15-BA5-S	24,26	2,87	FA15-BA5-P	23,99	3,96	20	17	B
FA15-BA10-S	27,03	1,82	FA15-BA10-P	27,52	2,93	20	17	B
FA15-BA15-S	24,37	1,39	FA15-BA15-P	25,30	2,42	20	17	B
FA15-BA20-S	16,27	1,58	FA15-BA20-P	17,32	2,42	20	17	C
FA20-BA5-S	21,32	2,83	FA20-BA5-P	22,31	4,20	20	17	B
FA20-BA10-S	22,83	1,86	FA20-BA10-P	24,67	3,26	20	17	B
FA20-BA15-S	19,66	1,49	FA20-BA15-P	21,45	2,78	20	17	C
FA20-BA20-S	11,81	1,71	FA20-BA20-P	12,63	2,76	15	12,5	C

Limbah abu batubara yang ditambahkan pada campuran dapat menaikkan kuat tekan dan menurunkan penyerapan paving block. Penambahan bottom ash pada agregat halus (abu batu) sebesar 20% dapat menurunkan mutu kuat tekan paving block menjadi kelas C. Penambahan *fly ash* sebesar 20% pada semen dan bottom ash <10% didapatkan paving block mutu kelas B. Hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan *mix design* paving block dan paving block tidak berbeda secara signifikan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian penggunaan limbah abu batu bara dalam pembuatan paving block dapat disimpulkan bahwa:

- Bottom ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah agregat halus(abubatu) dalam pembuatan paving block, namun dibatasi < 20%, karena dapat menurunkan kuat tekan sehingga paving block mempunyai mutu kelas C.
- Fly ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah semen dalam pembuatan paving block, karena penambahan fly ash < 20% didapatkan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan kuat tekan paving block tanpa limbah abu batu bara, di mana jika diklasifikasikan dari kelas C menjadi kelas B.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aldwin Ivan Gan, Henry Sutikno, Antoni, Djwantoro Hardjito, 2018, “Optimasi penggunaan fly ash dan bottom ash pltu surabaya dalam pembuatan paving block mutu tinggi”, *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, Vol 7, no.1, 8–15.
- Badan Standardisasi Nasional. 1996. “Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No 200 (0,075 mm)”, *SNI 03-4142-1996*, 1–6.
- Badan Standardisasi Nasional, 1996. “Paving block.” *SNI 03-0691-1996*, 1-5
- Badan Standardisasi Nasional, 2000. “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.” *SNI-03-2834-2000*.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. “Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di Laboratorium” , *SNI 1965:2008*, 1-10.
- Badan Standardisasi Nasional, 2011. “Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder”, *SNI 1974:2011*, 1-5
- Badan Standardisasi Nasional, 1990. “Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar,” *SNI 03-1968-1990*, 1–5.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, “Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil.”, *SNI 03-6825-2002*.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. “Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah.”, *SNI 3423:2008*, pp.1-27.
- Balitbang, 1990, “Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus”, *SNI 1970:2008*, 1–17.
- Gupta, Anjali, V. K. Arora, and Srijit Biswas. 2017. “Contaminated Dredged Soil Stabilization Using Cement and Bottom Ash for Use as Highway Subgrade Fill.” *International Journal of Geo-Engineering* 8 (1). <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0057-8>.
- Klarens, Kevin, Michael Indranata, Luthfi Al Jamali and Djwantoro Hardjito, 2017, “The Use of Bottom Ash for Replacing Fine Aggregate in Concrete Paving Blocks” *MATEC Web of Conferences* 138. 01005. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713801005>.
- Mirka Pataras, Aztri. Y.K, Yulia H, 2020. “Karakteristik Laston Wearing Course Menggunakan Limbah Katalis Desulfurizer dan Bottom ash PT. pusri sebagai filler”, *Prosiding Simposium II – UNIID*, 19-20 September 2017
- Pratiwi, Yunita Eka, Naharudin Naharudin, and Ilham Ilham. 2022. “Eligibility of Nickel Slag Waste Combined with Stone Ash for Manufacturing Paving Block” *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering* 10-4: 33-44.
- Qomaruddin, Sudarno, 2017. “Pemanfaatan limbah bottom ash pengganti agregat halus dengan tambahan kapur pada pembuatan paving,” *Reviews in Civil Engineering* v.01, n.1, p.13-18, 13–18.
- Sari Dwi Septiyana dan Susanti Sundari, “Pemanfaatan limbah fly ash dari pembakaran batubara pada pembuatan semen pcc (portland composite cement) di PT. Semen xyz lampung”, *Industriika*, 100-105.

